

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EPO 4 / 11526

REC'D 13 DEC 2004

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 48 113.3

Anmeldetag:

16. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber:

KUKA Roboter GmbH, 86165 Augsburg/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Einrichtung zum Betreiben eines
Sekundärbetriebssystems neben einem Primär-
betriebssystem

IPC:

G 06 F 9/445

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

PATENTANWÄLTE
DIPL.-ING. HEINER LICHTI

DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. JOST LEMPERT
DIPL.-ING. HARTMUT LASCH



D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)
POSTFACH 410760
TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432850

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 144
86165 Augsburg

14. Oktober 2003
19976.8 Le/zl/bl/

**Verfahren und Einrichtung zum Betreiben eines Sekundärbe-
triebssystems neben einem Primärbetriebssystem**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung
zum Betreiben eines Sekundärbetriebssystems auf einem Rech-
ner neben einem Primärbetriebssystem.

5

Das Betreiben zweier auf einem Rechner, genauer in den Ran-
dom-Access-Speicher eines Rechners geladener Betriebssy-
stems nicht nur alternativ, sondern wechselweise ohne Neu-
starten des Rechners ist bekannt.

10

So zeigt die WO 98/09225 ein Betriebssystem zur Echtzeiter-
weiterung für die herkömmlichen - an sich nicht echtzeitfä-
higen - Microsoft-Windows-Systeme durch spezielle Mikroker-
ne (Microkernel).

15

Die DE 44 06 094 C2 zeigt ebenfalls eine Echtzeiterweite-
rung der herkömmlichen Microsoft-Windows-Systeme mittels
eines vollständigen Echtzeit-Betriebssystems, welches auch
separat, d.h. unabhängig von Windows auf einem Rechner

lauffähig ist. Das sekundäre Echtzeit-Betriebssystem hat dabei direkten Zugriff auf lediglich eine Untermenge der Prozessor-Register und Hardware-Komponenten des Rechners.

- 5 Es ist weiterhin bekannt unter einem Betriebssystem, einen virtuellen Rechner (virtual machine) zu emulieren, auf dem dann ein zweites Betriebssystem laufen kann. Hier läuft das Sekundär-Betriebssystem unter Kontrolle des den virtuellen Rechner emulierenden Monitor-Programms. Das Sekundär-
- 10 Betriebssystem kann nicht auf sämtliche Register des Prozessors direkt zugreifen, sondern eben nur unter Kontrolle des Monitor-Programms.

- 15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zu schaffen, mittels derer auf einem Rechner neben einem Primär-Betriebssystem ein Sekundär-Betriebssystem ohne Reduzierung seiner Performance, insbesondere unter Beibehaltung von Echtzeitfähigkeiten bei minimalem Eingriff in das Sekundärbetriebssystem, insbesondere
- 20 lediglich in dessen Board Support Packet laufen kann, wobei das Sekundär-Betriebssystem dennoch, wenn es aktiv ist, auf der zentralen Prozessoreinheit (CPU) derart arbeitet, als ob es als - einziges - Betriebssystem geladen ist und demgemäß auf den gesamten Prozessor und dessen virtuellem Speicherbereich ohne jegliche Einschränkung zugreifen kann. Der Zugriff erfolgt hierbei ohne Zuhilfenahme der

- Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Sekundär-Betriebssystem-Treiber (SBS-Treiber) des Primär-Betriebssystems zum Laden und Starten des Sekundär-Betriebs-systems geladen wird.
- 30

- Eine Einrichtung zum Betreiben eines Sekundär-Betriebs-
- 35 systems auf einem Rechner neben einem Primär-Betriebssystem

sieht demgemäß einen Treiber des Primär-Betriebssystems zum Laden und Starten des Sekundär-Betriebssystems vor.

Durch das erfindungsgemäße Vorsehen eines Treibers des Primär-Betriebssystem zum Ansteuern und Laden des Sekundär-Betriebssystems über dessen Board-Support-Package, oder Platinen-Unterstützungs-Paket wird weiterhin vermieden, dass der Kern des Sekundär-Betriebssystems zum Betrieb desselben eben als Sekundär-Betriebssystem neben einem Primär-Betriebssystem geändert werden muss.

Das Board-Support-Package ist die Software, die die Verbindung zwischen einer Hardware (dem Board) und einem Betriebssystem bildet (Support). Betriebssysteme die auf mehreren Plattformen (Hardwareumgebung incl. Prozessor, Speicher etc.) zum Einsatz kommen, haben immer ein BSP, das somit ein fester Bestandteil des Betriebssystems ist. Embedded Betriebssysteme, wie Windows CE, bestehen aus einem Betriebssystem-Kern und eben dem BSP, durch dessen Modifikation man das Betriebssystem auf eine spezielle Hardware-Plattform anpassen kann und auch muss, ohne den Betriebssystem-Kern kennen zu müssen.

Das Board-Support-Package eines Betriebssystems wird von dem Anbieter des Betriebssystems regelmäßig ohnehin im Quellcode offengelegt, da es insbesondere die sogenannten Basis-Hardware-Dienste enthält, über die für das fragliche Betriebssystem die notwendigen Schnittstellen zur Hardware, wie beispielsweise Interrupt-Controller, Systemzeitgeber, hergestellt werden und die hierzu zum Einsatz auf unterschiedlichen Hardware-Systemen, d.h. verschiedenen CPU-Plattformen entwickelt werden, wie von einem Hersteller spezifischer, insbesondere von den Quasi-Standard abweichender Hardware. Damit können durch die erfindungsgemäße Lösung alle Betriebssysteme als Sekundär-Betriebssystem

eingesetzt werden, welche mit Hilfe eines Board-Support-Packages konfigurierbar und anpassbar sind, ohne dass diese bei Einsatz als Sekundär-Betriebssystem ihre Performance verlieren und, soweit es sich um Echtzeitbetriebssysteme handelt, ohne dass sie ihre Echtzeitfähigkeit verlieren.

In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der mit dem Primär-Betriebssystem geladene Sekundär-Betriebssystem-Treiber (SBS-Treiber) das Sekundär-Betriebssystem lädt und zwar in einen vom Primär-Betriebssystem nicht verwendeten Speicherbereich des physikalischen Random-Access-Speicher, vorzugsweise dessen oberen Bereich.

In bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass in der Zentraleinheit des Rechners (CPU) Speicherkontexte (virtuelle Arbeitsräume) geschaffen werden, wobei insbesondere der SBS-Treiber in der Zentraleinheit (CPU) einen Tunnelkontext aufsetzen kann, über den ein Wechsel des Arbeiten der Betriebssysteme vermittelt wird. Der als Kontext bezeichnete virtuelle Arbeitsraum setzt sich aus beliebigen Blöcken des physikalischen Speichers zusammen. Eine Memory-Management-Unit (MMU) verwaltet derartige Kontexte in einer als MMU-Tabelle bezeichneten Speicherzuordnungstabelle, mit der der Kontext beschrieben wird. Programmtechnisch bewegt man sich im virtuellen Adressraum der durch die Arbeitsweise der MMU auf den physikalischen Speicher verweist.

In Weiterbildung ist vorgesehen, dass nach dem Laden des Sekundär-Betriebssystems ein Einsprung in dasselbe und zwar genauer in das Board-Support-Paket erfolgt, welches in weiterer Ausbildung entweder einen endgültigen Speicherkontext für das Sekundär-Betriebssystem oder aber einen Hilfs-Speicherkontext im Prozessor aufsetzt.

In weiterer Ausbildung ist vorgesehen, dass in den Tunnel-Kontext unter anderem eine im Treiber enthaltene Tunnel-Speicherseite geladen wird, in welche der Programmablauf verzweigt, woraufhin über diese Programm-Codes des Sekundär-Betriebssystems in den neuen Speicherkontext (Hilfs- oder Sekundär-Betriebssystem-Kontext) geladen wird und der vollständige Bootvorgang des Sekundär-Betriebssystems fortgesetzt wird.

10 Zur Durchführung der vorgenannten Verfahrensschritt ist in bevorzugter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung vorgesehen, dass der SBS-Treiber einen SBS-Ladeabschnitt sowie einen die Tunnel-Speicherseite beinhaltenden Tunnel-Bereich aufweist.

15 In bevorzugter Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt nach dem Laden bzw. bei jeglichem Betrieb des Sekundär-Betriebssystems ein Wechsel von diesem zum Primär-Betriebssystem entweder bei Ruhen des Sekundär-Betriebssystems (Eintritt desselben in seine Leerlaufschleife -
20 Idle-Loop) oder aber durch einen entsprechenden Rücksprungbefehl im Programmablauf des Sekundär-Betriebssystems zum Rücksprung in das Primär-Betriebssystem.

Zur Durchführung dieses Verfahrensschritts sieht die erfindungsgemäße Einrichtung weiterhin vor, dass das Board-Support-Paket einen entsprechenden Rücksprung-Abschnitt aufweist.

30 In weiterer bevorzugter Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass ein Wechsel vom Primär-Betriebssystem zum Sekundärbetriebssystem durch einen für das Sekundär-Betriebssystem bestimmte SBS-Unterbrechungsanforderung erfolgt.

Hierzu weist der SBS-Treiber einen Unterbrechungs-Tabellen-Abschnitt auf, mittels dessen er im Primärbetriebssystem eine Unterbrechungsauf-ruf-Tabelle (Interrupt-Tabelle) erzeugt, die - unter anderem - einen Aufruf einer Unterbrechungs-Behandlungsroutine zum Aufruf des Sekundär-Betriebssystems enthält.

In bevorzugter Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist demgemäß vorgesehen, dass eine Unterbrechungs-Behandlungsroutine im SBS-Treiber, die Unterbrechungs-Aufruf-Tabelle des Sekundär-Betriebssystems liest und die Verarbeitung des letzteren an der den Unterbrechungs-Aufruf betreffenden Stelle fortgesetzt wird.

15 Erfolgt ein Unterbrechungs-Aufruf, der nicht für das Primär-Betriebssystem bestimmt ist, so fängt der SPS-Systemtreiber diesen ab und leitet ihn über das Board-Support-Paket an das Sekundär-Betriebssystem weiter, so dass erfindungsgemäß ein Wechsel zwischen den Betriebssystemen mittels des SBS-Treibers des Primär-Betriebssystems und des Board-Support-Pakets des Sekundärbetriebssystems erfolgt.

Insbesondere soweit ein Prozessor nicht den direkten Wechsel von Kontexten unterstützt, ist erfindungsgemäß in weiterer Ausbildung vorgesehen, dass der Wechsel der Aktivität der Betriebssysteme mittels eines Tunnel-Bereichs in dem zusätzlich zum Primär-Betriebssystem - und zum Sekundärbetriebssystem-Kontext aufgesetzten Tunnel-Kontext erfolgt.

30 In weiterer bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass beim Wechsel von einem Betriebssystem zum anderen Betriebssystem alle Systemzustände (im Random-Access-Speicher) gespeichert werden, insbesondere sämtliche CPU-Register, und vorzugsweise darüber hinaus
35 sämtliche prozessorinternen Caches geleert werden. In ent-

sprechender Weiterbildung ist vorgesehen, dass beim Wechsel von einem Betriebssystem zum anderen Betriebssystem die neuen System-Zustände des anderen Betriebssystems, insbesondere CPU-Registerinhalte und Speichermanagement-(MMU-Tabellen) in den Prozessor geladen werden.

Schließlich sieht die Erfindung in weiterer Ausgestaltung vor, dass die Taktgenerierung für das Sekundär-Betriebssystem durch den Hardware-Hauptzeitgeber (Timer) erfolgt, also nur das Sekundärbetriebssystem auf diesen Zugriff hat, während die Taktgenerierung für das Primär-Betriebssystem durch einen Takt-Systemtreiber erfolgt. Dies ist insbesondere vorgesehen und vorteilhaft, wenn das Sekundär-Betriebssystem ein Echtzeit-Betriebssystem zur Steuerung einer industriellen Anlage oder Maschine ist, während das Primär-Betriebssystem zur Bedienung durch einen Bediener dient und diesem insbesondere eine ergonomische graphische Oberfläche zur Bedienung zur Verfügung stellt.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung im einzelnen erläutert ist. Dabei zeigt:

Fig. 1 die Zuordnung von Primär- und Sekundärbetriebssystem zu den einzelnen Ressourcen eines Rechners sowie den Aufbau eines Betriebssystems am Beispiel des Sekundärbetriebssystems;

Fig. 2 ein Diagramm zum Vorgang des Ladens des Sekundärbetriebssystems sowie bei Ruhen des Sekundärbetriebssystems des Rücksprungs in das Primär-Betriebssystem;

Fig. 3 ein Wechsel vom Primär-Betriebssystem zum Sekundär-Betriebssystem; und

Fig. 4 eine Darstellung zur Synchronisation der Uhr des Primär-Betriebssystems.

Die Fig. 1 zeigt die Zuordnung der (Hardware-)Ressourcen HR eines Rechners zum Primär-Betriebssystem PBS und zum Sekundär-Betriebssystem SBS im Rahmen der Erfindung. Sie zeigt weiterhin den prinzipiellen Aufbau eines Betriebssystems am Beispiel des Sekundär-Betriebssystems SBS.

Ein Betriebssystem weist zunächst einen Kern oder Kernel K als zentralen Kern desselben auf. Es weist weiterhin ein Board-Support-Package BSP oder Platinen-Unterstützungspaket auf, in dem die Basis-Hardwaredienste BHD implementiert sind. Diese stellen die für das Betriebssystem notwendigen Schnittstellen zur Hardware, wie zum Interrupt-Controller, Systemzeitgeber etc. dar. Die BHD ermöglichen es, das Betriebssystem auf unterschiedlichen Hardwaresystemen einzusetzen. Gewöhnlich wird das BSP in Quellform vom Hersteller zur Verfügung gestellt, damit der Hardware-Hersteller das Betriebssystem auf seine Hardware anpassen kann.

Das Betriebssystem weist weiter Architekturdienste AD auf, die die für das Betriebssystem notwendigen Schnittstellen zu den zentralrechner-spezifischen Diensten, wie Exception- und Interrupt-Bearbeitung, MMU-Verwaltung bilden. Die AD ermöglichen es dem Betriebssystem, auf verschiedenen Zentralprozessoreinheiten-Plattformen (CPU-Plattform) zu arbeiten.

Das Betriebssystem weist darüber hinaus generische Betriebssystem-Dienste BSD auf, die Anwendungssoftware AS

(AS1, AS2) hochwertige Dienste, wie Speicherverwaltung, Netzwerk-Dienste, Multitasking-Dienste etc. zur Verfügung stellen. Bei einem Betriebssystem steht üblicherweise lediglich das BSP in Quellform zur Verfügung, während Anpassungen der Architektur- und den generischen Betriebssystem-Diensten nicht möglich sind. Weiter sind die den beiden Betriebssystem angeordneten physikalische Speicher PS1 und PS2 sowie die Teile der Interruptkontrollen IC1 und IC2 dargestellt, die die Interrupts für das PBS bzw. das SBS ansteuern

Wie aus der Fig. 1 entnehmbar ist, werden wichtige Ressourcen des Rechners für das Betriebssystem wie folgt zugeordnet:

Beide Betriebssysteme verwenden, jeweils zum Zeitpunkt ihrer Aktivität den gesamten virtuellen Speicher VS und sämtliche CPU-Register CPU-R, wie insbesondere Standardregister, Floating-Point-Register, Steuer-Register. Beide Betriebssysteme teilen sich zunächst den Random-Access-Speicher RAM, wobei jedes Betriebssystem einen Teil dieses Speichers besitzt und das Sekundär-Betriebssystem SBS vorzugsweise in den oberen Teil des Random-Access-Speichers RAM geladen ist. Sie teilen sich weiterhin den Interrupt-Controller IRC, wobei jedem Betriebssystem eindeutige Interrupts zugeordnet sind.

Das Sekundär-Betriebssystem hat insbesondere alleinigen Zugriff zum Systemzeitgeber SZG, während das Primär-Betriebssystem PBS alleinigen Zugriff auf die Festplatte FP hat. Dem jeweiligen Betriebssystem sind Treiber T1 (des Primär-Betriebssystems) bzw. T2 (des Sekundär-Betriebssystems) unter anderem zur Verwaltung der jeweiligen dem entsprechenden Betriebssystem Zusatzhardware ZHP für das Primär- bzw. Sekundär-Betriebssystem ZHS zugeordnet.

Einer der Treiber des Primär-Betriebssystems ist der Treiber SBS-T zum Laden des Sekundär-Betriebssystems.

- 5 In der Fig. 2 ist das Laden des Sekundär-Betriebssystems SBS dargestellt.

10 Hierbei wird zunächst vorausgesetzt, dass das Primär-Betriebssystem PBS in üblicher Weise mittels eines Bootladers in den Speicher des Rechners geladen ist und dabei auch der Systemtreiber SBS-T für das Sekundär-Betriebssystem SBS mitgeladen wurde.

- 15 Nach Laden des Primär-Betriebssystems PBS lädt der SBS-T zunächst das Sekundär-Betriebssystem SBS in einen separaten vom Primär-Betriebssystem PBS nicht verwendeten Speicherbereich des RAM-Speichers, vorzugsweise den oberen Bereich des physikalischen RAMs, so dass der Sekundär-Betriebssystemtreiber SBS-T den Boot-Lader für das Sekundär-Betriebssystem SBS bildet.
- 20

Neben dem in üblicher Weise aufgesetzten Speicherkontext für das Primär-Betriebssystem PBS, aufgesetzt durch dasselbe, wird zum Einsatz des Sekundär-Betriebssystems zunächst durch den Systemtreiber ein Kontext BK zum Booten des Sekundär-Betriebssystems und ein Tunnel-Kontext TK in der CPU zum Wechsel zwischen den Kontexten PK des Primär-Betriebssystems und dem BK aufgesetzt:

- 30 Der Einsprung aus dem System-Treiber SBS-T in das Sekundär-Betriebssystem erfolgt nach dem Ladevorgang in das Board Support Package des Sekundär-Betriebssystems (Schritte 1 bis 2 der Fig. 2). Sodann wird die Programmbearbeitung im Board Support Package des Sekundär-Betriebssystems fortgesetzt.
- 35 Das Board Support Package setzt dabei den zum benö-

tigten Booten des SBS Kontext BK auf. Anschließend wird der Programmablauf in den Tunnel-Bereich TB des Tunnel-Kontext TK verzweigt (Schritt 3), der Boot-Kontext BK geladen (Schritt 4) und der Bootvorgang des Sekundär-Betriebssystems fortgesetzt (Schritt 5). Hierbei setzt das SBS seinen eigenen Kontext auf, in welche bei jedem zukünftigen Wechsel vom PBS ins SBS verzweigt wird.

Der Tunnel-Bereich enthält hierzu den "Umschaltcode" zwischen dem Bootlader- bzw. Sekundär- und Tunnelkontext. Der Tunnel-Bereich besteht aus genau einer Speicherseite, in welchem der Umschaltcode abgelegt ist. Dieser Umschaltcode befindet sich in allen Kontexten (Tunnel-Kontext und Bootlader- bzw. Sekundär-Kontext) an derselben virtuellen Adresse.

Gelangt das Sekundär-Betriebssystem SBS in einen Ruhezustand IL (Idle-Loop), so erfolgt automatisch ein Rücksprung in das Primär-Betriebssystem (Schritt 6, 7, 8). Solange das Sekundär-Betriebssystem aktiv ist, werden auftretende Unterbrechungs-Aufrufe ausschließlich vom Sekundär-Betriebssystem SBS bearbeitet.

Vor dem Laden des Sekundär-Betriebssystems SBS - und bei jedem Wechsel zu diesem - werden sämtliche Register der CPU des Primär-Betriebssystems gespeichert und die CPU-internen Caches werden geleert.

Beim Laden des Sekundär-Betriebssystems - und beim Wechsel in dasselbe - werden sämtliche CPU-Register des Sekundär-Betriebssystems SBS und dessen MMU-Tabellen geladen.

Beim Wechsel vom Sekundär-Betriebssystem SBS zum Primär-Betriebssystem PBS erfolgt das Sichern der Systemzustände des Sekundär-Betriebssystems und das Laden der Systemzu-

stände für das Primär-Betriebssystem in entsprechender Weise.

Wenn die zentrale Rechneinheit (CPU) einen direkten Wechsel von Kontexten unterstützt, wie es beispielsweise bei der Intel-X86-Architektur via Task-Safe-Segmente der Fall ist, kann auch auf den Tunnel-Kontext verzichtet werden, so dass der Wechsel zwischen den Betriebssystemen direkt über Primär-Kontext PK und Sekundär-Kontext SK erfolgen kann.

10

Ein Wechsel von der Aktivität des Primär-Betriebssystems PBS zum Aufruf und zur Aktivität des Sekundär-Betriebssystems SBS erfolgt ausschließlich auf einen für letzteres bestimmten Unterbrechungsauftrag (Interrupt) hin. Beim Auftreten eines solchen werden der Systemtreiber ST und das BSP des Sekundär-Betriebssystems in den Speicherkontext SK des Sekundär-Betriebssystems SBS verzweigen und dort die entsprechende zugeordnete Unterbrechungs-Dienst-Routine abarbeiten.

20

Dabei werden wie in Fig. 3 dargestellt, folgende Schritte durchgeführt:

Die zentrale Rechneinheit verzweigt aufgrund der Interrupt-Anforderung direkt in den Systemtreiber (Schritt A). Der Systemtreiber ST sichert sämtliche Prozessor-Register und wechselt in den Tunnel-Kontext TK (Fig. 2). Der Systemtreiber verzweigt in die generische Interrupt-Bearbeitung des BSP des Sekundär-Betriebssystems. Hier wird anhand der Interrupt-Tabelle des Sekundär-Systems ermittelt, wohin die Bearbeitung verzweigen soll (Schritt B).

Die generische Interrupt-Bearbeitung verzweigt dann in die Tunneling-Funktion, welche den Sekundär-Betriebssystem-Kontext SK aktiviert (Schritt C). Von dort aus wird dann in

die Interrupt-Bearbeitungsfunktion ISR im Sekundär-Betriebssystem SBS verzweigt (Schritt D).

5 Anschließend wird das Sekundär-Betriebssystem SBS so lange abgearbeitet, bis sämtliche Prozesse ihre Rechenzeit abgeben und dadurch in die Ruhe-Schleife (Idle-Loop) des Sekundär-Betriebssystems SBS verzweigt wird.

10 Von der Ruhe-Schleife aus wird dann über den Tunnel-Bereich in den Tunnel-Kontext TK gewechselt (Schritt 6, 7 in Fig. 2). Die Tunnel-Funktion kehrt dann wieder in den Systemtreiber des Primär-Betriebssystems PBS zurück (Schritt 8), von wo aus dieser wieder den Primär-Kontext PK aktiviert und den Betrieb des Primär-Betriebssystems PBS fortsetzt.

15 Alternativ zur Verwendung der Ruhe-Schleife IL des Sekundär-Betriebssystems SBS als Einsprungspunkt zum Wechsel in das Primär-Betriebssystem existiert die Möglichkeit, über einen regulären Prozess im Sekundär-Betriebssystem SBS diesen Wechsel anzustoßen. Hierzu existiert im SBS eine Funktion des Sekundär-Betriebssystems SBS, welche von Prozessen aufgerufen werden kann. Der Aufruf verzweigt dann wieder, zurück zum Primär-Betriebssystem (Schritt 6 bis 8) so lange, bis der nächst Interrupt für das Sekundär-Betriebssystem SBS auftritt.

Wie schon oben gesagt, wird der Haupt-Systemzeitgeber HSZG vom Sekundär-Betriebssystem SBS gesteuert. Hierzu wird das Primär-Betriebssystem dahingehend geändert, beispielsweise
30 durch Patches, dass sämtliche Zugriffe auf den Haupt-Systemzeitgeber HSZG durch den Systemtreiber ST abgefangen werden. Dieser speichert Informationen dahingehend, mit welcher Taktrate das Primär-Betriebssystem PBS betrieben werden soll. Die Taktrate im Sekundär-Betriebssystem muss
35 dabei höher sein als die des Primär-Betriebssystems. Zur

Synchronisation des Timers des Primär-Betriebssystems läuft, wie dies in der Fig. 4 dargestellt ist, neben dem Hauptzeitgeber HZG im Systemtreiber ein virtueller Zeitgeber VZ - mit geringerer Taktrate - mit, welcher immer dann um die Taktrate des Primär-Betriebssystems PBS implementiert wird, sobald die entsprechende Zeit tatsächlich abgelaufen ist. Gibt das Sekundär-Betriebssystem die Rechenzeit für einen längeren Zeitraum nicht ab, so läuft anschließend die Uhr für das Primärbetriebssystem so lange schneller, bis die Zeitdifferenz wieder aufgeholt wird und zwar im Takt des Zeitgebers des Sekundär-Betriebssystems. Dadurch wird erreicht, dass die Uhr im Primär-Betriebssystem nicht nachgeht.

PATENTANWÄLTE
DIPL.-ING. HEINER LICHTI

DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. JOST LEMPERT

DIPL.-ING. HARTMUT LASCH

D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432850

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 144

86165 Augsburg

14. Oktober 2003
19976.8 Le/zl/bl

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben (Implementieren) eines Sekundärbetriebssystems auf einem Rechner neben einem Primär-Betriebssystem, dadurch gekennzeichnet, dass ein
5 Sekundär-Betriebssystem-Treiber (SBS-Treiber) des Primär-Betriebssystems zum Laden und Steuern des Sekundär-Betriebssystems geladen wird, der anschließend das Sekundär-Betriebssystem lädt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sekundär-Betriebssystem-Treiber das Sekundär-Betriebssystem lädt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Zentraleinheit des Rechners (CPU)
15 Speicherkontexte (virtuelle Arbeitsräume) geschaffen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wechsel zwischen den Betriebssy-
20

stemem mittels des SBS-Treibers des Primär-Betriebssystems und des Platinen-Unterstützungs-Pakets erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Sekundär-Betriebssystem einen Wechsel zum Primär-Betriebssystem steuert.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wechsel vom Sekundär-Betriebssystem zum Primär-Betriebssystem bei Ruhen des Sekundär-Betriebssystems (Eintritt in Idle-Loop) erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wechsel vom Sekundär-Betriebssystem zum Primär-Betriebssystem durch einen Befehl im Programmablauf des Sekundär-Betriebssystems erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wechsel vom Primär-Betriebssystem zum Sekundär-Betriebssystem durch einen Unterbrechungs-Aufruf (Interrupt) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wechsel zwischen den Betriebssystemen mittels in einem Tunnelbereich des Speichers abgelegten Programmcode erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Unterbrechungs-Aufrufe des Primär-Betriebssystems während des Ablaufs des Sekundär-Betriebssystems gesperrt werden.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Systemtreiber für jede dem Sekundär-Betriebssystem zugeordneten Interrupt (der

also einen Unterbrechungs-Aufruf im Sekundär-Betriebssystem auslösen soll) einen Eintrag in der Unterbrechungs-Aufruf-Tabelle im Primär-Betriebssystem erzeugt, die dann wiederum einen Aufruf der entsprechenden Interrupt-Behandlungsroutine im Sekundär-Betriebssystem auslöst.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterbrechungs-Aufruf-Behandlungsroutine im Systemtreiber dazu führt, dass die in der Interrupt-Tabelle des Sekundär-Betriebssystems abgespeicherte Informationen, an welcher Stelle im Sekundär-Betriebssystem die Abarbeitung des Interrupts zu erfolgen hat, ermittelt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 und 12 dadurch gekennzeichnet, dass nach Auftreten eines entsprechenden Unterbrechungs-Aufrufs und der Ermittlung der Stelle im Sekundär-Betriebssystem an welcher die Abarbeitung des Interrupts zu erfolgen hat, die Verarbeitung desselben an der dem Unterbrechungs-Aufruf betreffenden Stelle im Sekundär-Betriebssystem fortgesetzt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass beim Wechsel von einem Betriebssystem zum anderen alle Systemzustände des einen Betriebssystems gespeichert werden.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Wechsel von einem Betriebssystem zum anderen Betriebssystem alle Systemzustände des anderen Betriebssystems geladen werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Taktgenerierung für das Sekun-

där-Betriebssystem durch den Hardware-Hauptzeitgeber (Timer) erfolgt.

- 5 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Taktgenerierung für das Primär-Betriebssystem durch einen Takt-Systemtreiber erfolgt.
- 10 18. Einrichtung zum Betreiben eines Sekundär-Betriebssystems auf einem Rechner neben einem Primär-Betriebssystem, gekennzeichnet durch einen Sekundär-Betriebssystem-Treiber (SBS-Treiber) des Primär-Betriebssystems zum Laden und Steuern des Sekundär-Betriebssystems.
- 15 19. Einrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der SBS-Treiber eine Tunnel-Kontext-Aufsetz-Routine zum Aufsetzen eines Tunnel-Kontextes in der Zentraleinheit (CPU) aufweist.
- 20 20. Einrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der SBS-Treiber eine Unterbrechungs-Aufruftabellen-Änderungs-Routinge aufweist zur Erzeugung von Einträgen in der Unterbrechungs-Aufruf-Tabelle des Primär-Betriebssystems, die zumindest Einträge für die Unterbrechungs-Aufrufe für das Sekundär-Betriebssystem vornimmt.
- 30 21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Board-Support-Paket (BSP) einen Abschnitt zum Rücksprung in das Primär-Betriebssystem (PBS) aufweist.

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 144

86165 Augsburg

14. Oktober 2003
19976.8 Le/zl

Zusammenfassung

Zum Betreiben zweier Betriebssysteme eines Rechners ohne Performance-Verlust schlägt die Erfindung ein Verfahren, vor bei dem ein Sekundärbetriebssystem-Treiber (SBS-Treiber) des
5 Primär-Betriebssystems zu Laden und Steuern des Sekundärbetriebssystems geladen wird der anschließend das Sekundärbetriebssystem lädt. Die Erfindung sieht weiterhin eine Einrichtung mit einem entsprechenden Sekundärbetriebssystem-Treiber (SBS-Treiber) des Primär-Betriebssystems vor Ansteuerung eines Platinen-Unterstützungs-Pakets.

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 144

86165 Augsburg

14. Oktober 2003
19976.8 Le/z1

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|-------|--|
| | SBS | Sekundär-Betriebssystem |
| | PBS | Primär-Betriebssystem |
| | HR | Hardware-Ressourcen |
| 5 | K | Kernel |
| | BSP | Board-Support-Package |
| | BHD | Basis-Hardwaredienste |
| | AD | Architekturdienste |
| | CPU | Zentralprozessoreinheit |
| | BSD | Betriebssystem-Dienste |
| | CPU-R | CPU-Register |
| | RAM | Random-Access-Speicher |
| | IRC | Interrupt-Controller |
| | SZG | Systemzeitgeber |
| 15 | FP | Festplatte |
| | T1 | Treiber des Primär-Betriebssystems |
| | T2 | Treiber des Sekundär-Betriebssystems |
| | ZHP | Zusatzhardware des Primär-Betriebssystems |
| | ZHS | Zusatzhardware des Sekundär-Betriebssystems |
| 20 | SBS-T | Treiber zum Laden des Sekundär-Betriebssystems |

| | | |
|----|------|---|
| | PS1 | physikalischer Speicher, welcher dem PBS zugeordnet ist |
| | PS2 | physikalischer Speicher, welcher dem SBS zugeordnet ist |
| 5 | IC1 | Teil des Interrupts-Controllers, der die Interrupts für das PBS ansteuert |
| | IC2 | Teil des Interrupts-Controllers; der die Interrupts für das SBS ansteuert |
| | TK | Tunnel-Kontext |
| 10 | PK | Kontext des Primär-Betriebssystems |
| | SK | Kontext des Sekundär-Betriebssystems |
| | ST-T | Systemtreiber-Bereich |
| | SK | Speicherkontext |
| | TB | Tunnelbereich |
| 15 | IL | Idle-Loop |

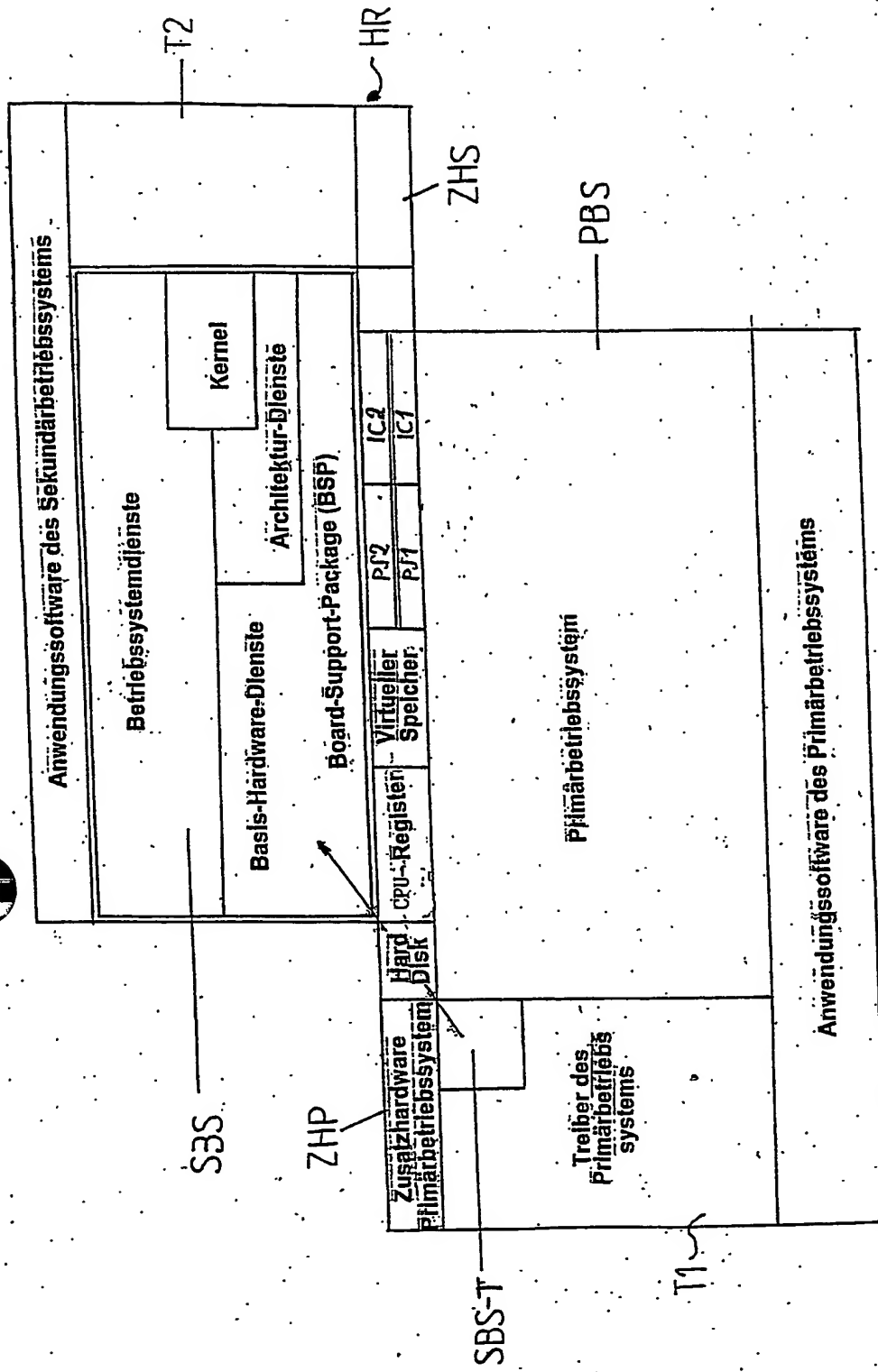


Fig. 1

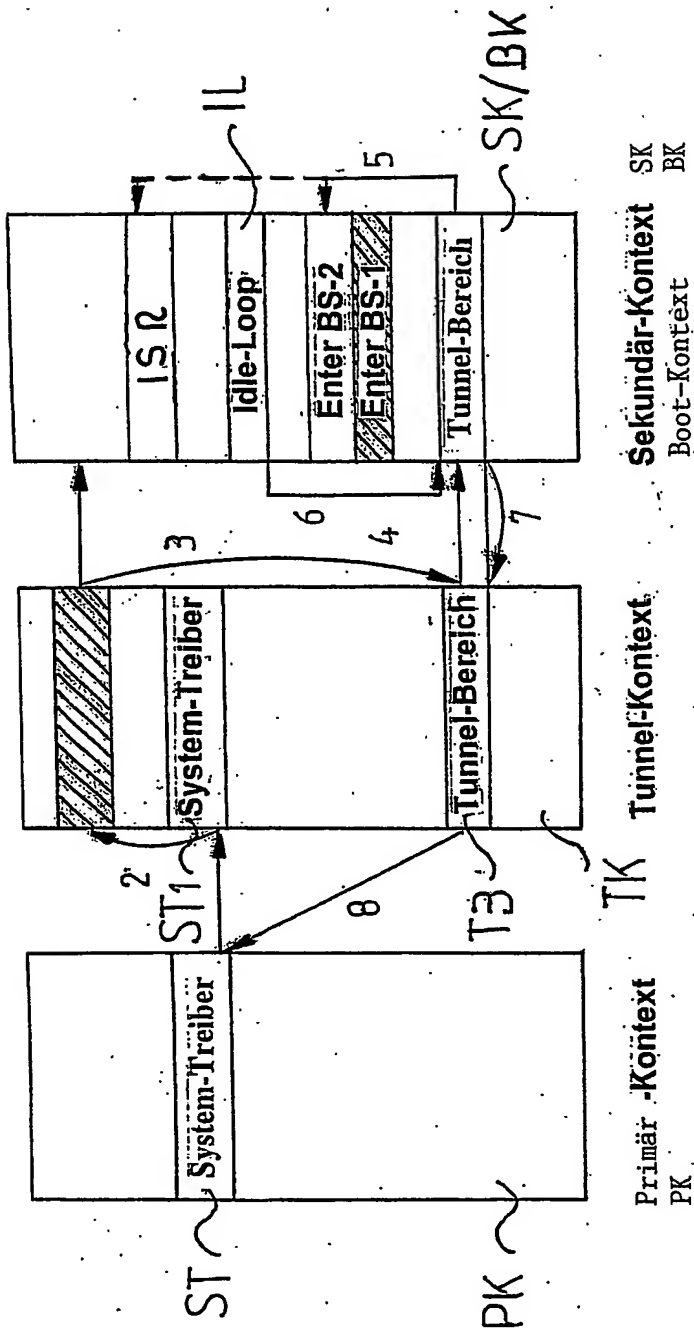


Fig. 2

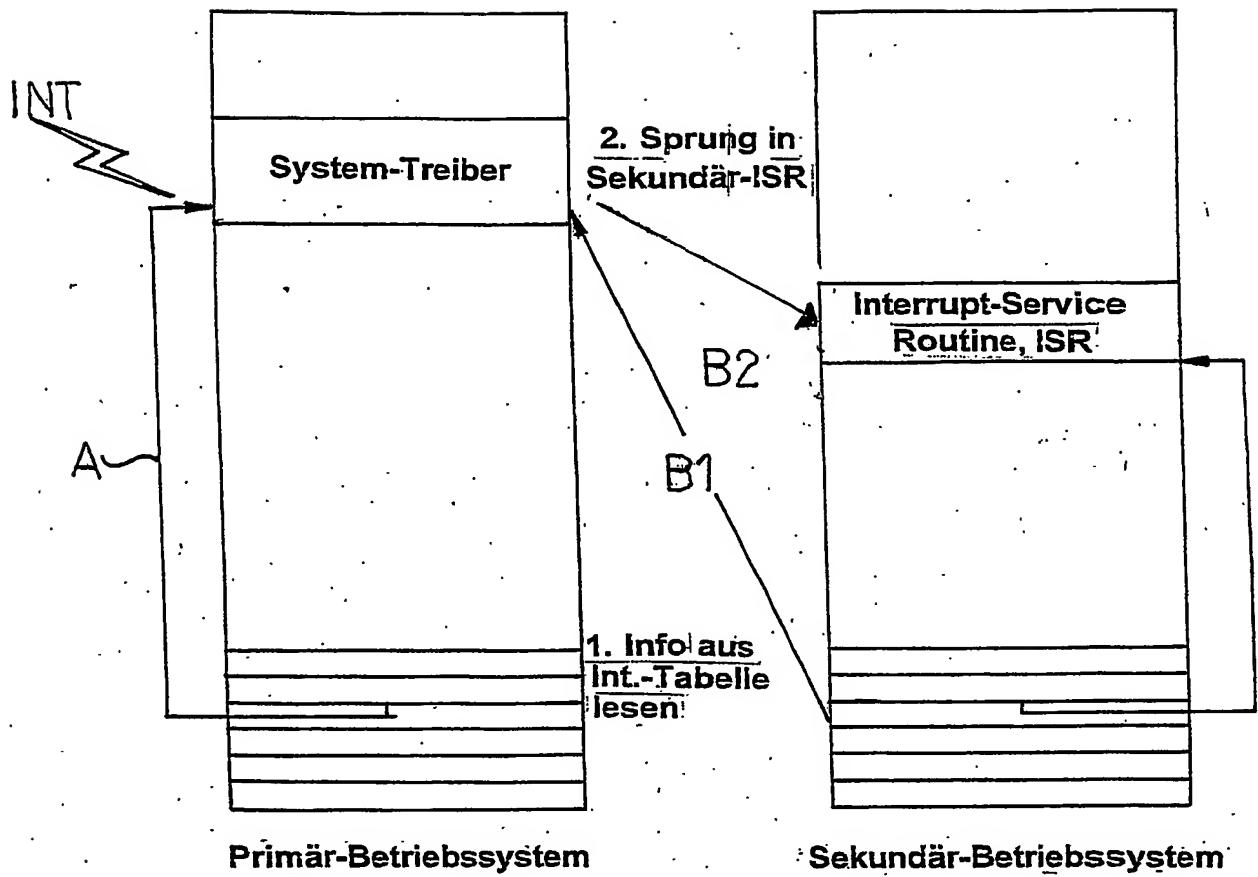


Fig. 3

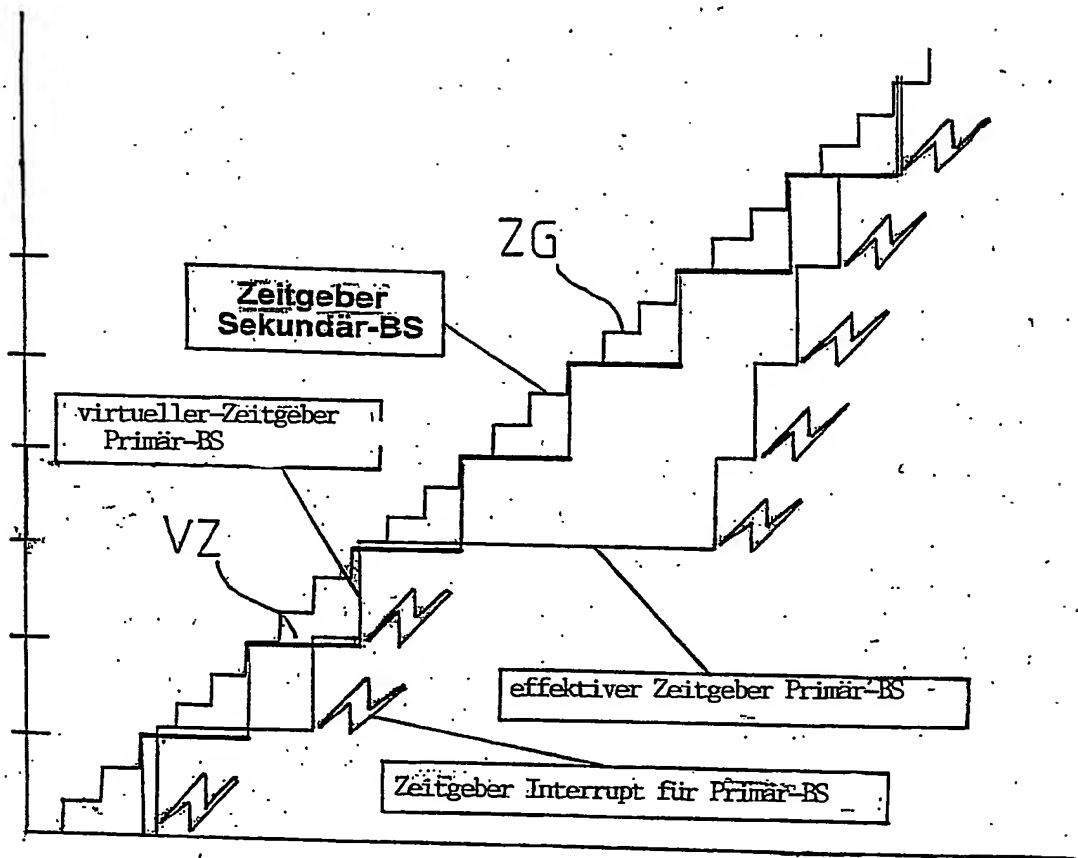


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.